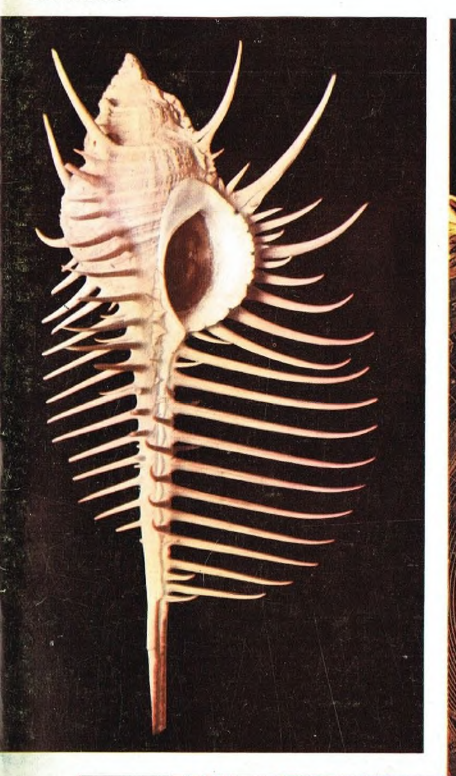
enciclopedia del saber humano



LA TIERRA

Nº 7

25 PESETAS



enciclopedia del saber humano

Tomo I - Fascículos 1-15

LA TIERRA

Biografía geográfica de nuestro planeta

Balmes, 341. BARCELONA-6.
Depósito Legal: B-23.452-1969

Un mundo como el nuestro, en el que cada día el panorama de conocimientos se amplía y diversifica, requiere instrumentos cada vez más perfeccionados y adecuados. Y ello es aplicable igualmente al campo de la cultura. Cuando cada materia alcanza ramificaciones insospechadas pocos años atrás, la "enciclopedia general", ese enorme cajón de sastre de noticias y datos, ha quedado un tanto sobrepasada y hoy se precisan obras de consulta más racionales, en las que cada disciplina ofrezca una estructuración interna armónica y sugerente y que, al mismo tiempo que brinde un compendio de conocimientos "históricos", abra al lector un panorama de insinuaciones, le adentre por los inexplorados caminos de las posibilidades futuras, le ofrezca un sólido instrumento de cultura que le permita alinearse en el bando de las personas cultas. Hay que precisar que este concepto ha variado profundamente, y en lo sucesivo no podrá llamarse persona culta quien no posea nociones de cómo ha evolucionado el mundo, o de los principios de la energía atómica, o del por qué de los viajes espaciales, o de rudimentos de cibernética. Para que todo ello sea posible ha surgido la ENCICLOPEDIA DEL SABER HUMANO.

Como podrá comprobar, no se trata de una enciclopedia más, sino de una obra pensada sobre todo para que usted, o su hijo, arribe al umbral del año 2.000, tan próximo ya, con la visión y formación imprescindible a todo hombre de nuestro tiempo. Por esta razón se ha dado la primacía dentro del plan general de la obra a aquellas materias de tipo técnico que son las que han de caracterizar el inmediato devenir. Y aquí se ha contado con la colaboración de eminentes profesores rusos, que han aportado para nuestra publicación el momento actual de la ciencia soviética.

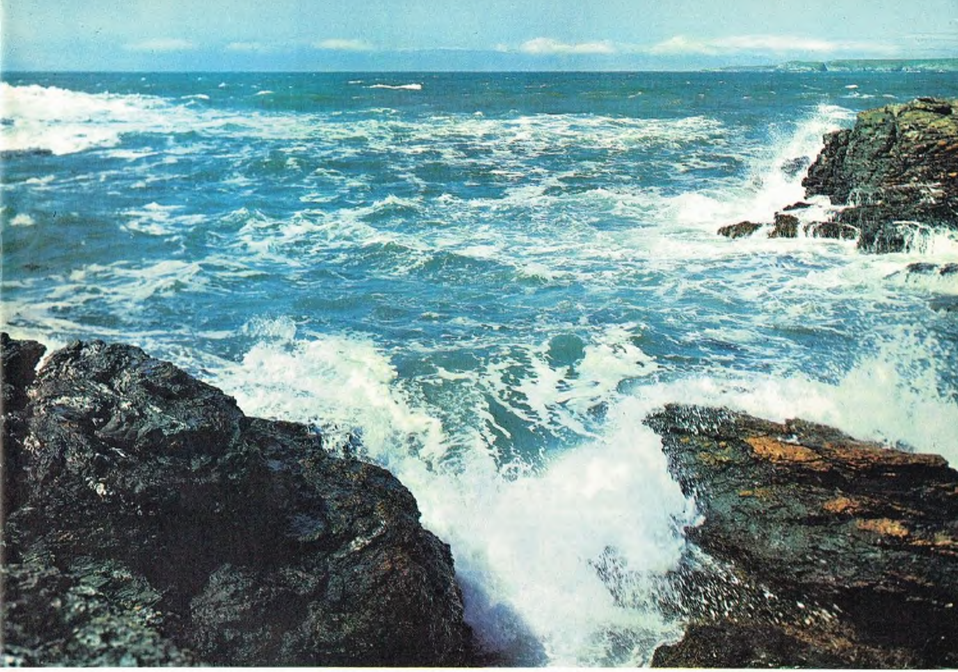
Para hacerla más racional, esta obra es monográfica, es decir, cada tomo tratará única y exclusivamente de una materia determinada. Y para no hacerla eterna, cada tomo constará tan sólo de 15 fascículos, en los que se compendia de manera clara, amena y sugestiva lo más importante de cada una de ellas. Miles de espléndidas fotografías en color y dibujos seleccionados servirán de adecuado contrapunto gráfico. He aquí, en resumen, lo que será la E. del S.H.:

180 fascículos de aparición semanal.
12 volúmenes (cada 15 fascículos, un volumen).

DIRECCION:
Francisco F. Mateu y Raúl Sampablo
COLABORADORES:
A. Bayan, G. Pierill, A. Cunillera, M. Comorera, A. Cuscó, G. A. Manova, A. Gómez, L. Pilaev, D. L. Armand, N. Bluket, M. Loschin, V. Matisen, J. Kennerknecht, P. Jiménez.
COMPAGINACION Y MAQUETA:
Santiago Gargallo
FOTOGRAFIAS:
Archivo Editorial Mateu, Salmer, Dulevant, SEF, Carlo Bevilacqua.
REALIZACION GRAFICA:
Cayfosa. Moderna, 51. Hospitalet de Llobregat
Interiores impresos sobre papel Printomat de Sarrió, C.A.P., especialmente fabricado para esta obra.
Impreso en España *Printed in Spain*

MUY IMPORTANTE

Con el fascículo quinto de cada volumen, se entregarán, completamente gratis, las tapas para la encuadernación del mismo.



Las olas, por término medio, pueden ocasionar presiones de 3.000 a 30.000 kilogramos por centímetro cuadrado de tierra, siendo una de las fuerzas principales en la destrucción de rocas en el mar.

Cómo el mar crea y destruye las especies rocosas

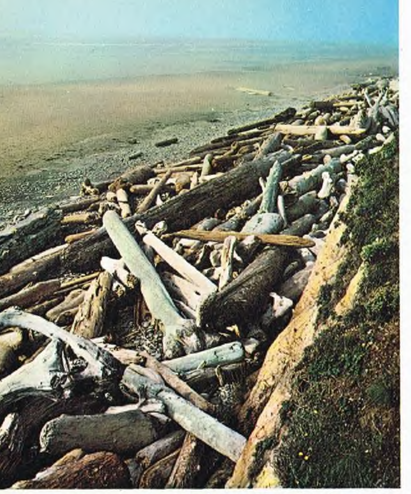
¿Han visto el mar durante una tempestad cuando sopla un viento fuerte, y las olas con ruido ensordecedor se rompen en las escarpadas rocas de la costa? El rumor incesante de las olas se extiende lejos de la costa. El mar parece que hierve. Tiene un color oscuro, grisplomizo. Las olas furiosas arrastran fragmentos de rocas y con fuerza las echan en las rocas costeras. Para juzgar la fuerza de los vientos de tormenta es suficiente decir que las olas, como término medio, ocasionan una presión de 3.000 a 30.000 kilogramos en un centímetro cuadrado de tierra. Bajo la presión de esta fuerza se rompen las rocas y se destruyen las instalaciones portuarias de cemento armado.

El viento ha parado, las olas se tranquilizan, y la superficie del mar toma de nuevo un color azul y azulmarino. Solamente algunos rechazos perezosos de la resaca que se acercan rompen el silencio. En la playa hay trozos de piedras, que hace poco eran arrastradas por las olas. Al observar los sedimentos del mar vemos que su superficie está pulida, algunas veces incluso brilla. Estos pequeños fragmentos pulidos por el agua se llaman *guijarros*.

Los fragmentos recogidos son frotados por las olas unos con otros, pulidos y pegados en las rocas costeras. Este trabajo, efectuado por las olas marítimas, durante muchos miles y millones de años, conduce a la destrucción de las rocas; éstas gradualmente se afilan en la base bajo los golpes de los fragmentos. Las capas superiores cuelgan en forma de cornisas sobre el socavón creado por las olas, socavón que cada vez es más profundo. Al perder el equilibrio, la cornisa se cae abajo con ruido, y se convierte en pasto de las olas que la rompen, pulen y por fin la convierten en guijarros y arena. Del mar se levantan moles de piedra, traspasadas y pulidas por las olas. Rocas con profundos canales y bañadas por las olas se pueden ver también en las costas de Australia.

Bajo la acción de la actividad destructora de las olas la costa rocosa retrocede, paulatinamente, y al pie de las rocas, al nivel del mar, se forma una *plataforma litoral*. Ésta crecerá con el tiempo. Para llegar a las rocas, las olas tienen que recorrer cada vez una distancia mayor. Como resultado de la frotación, que disminuye su velocidad, las olas pierden parte de su energía y, retrocediendo, dejan en la plataforma litoral granos de arena y guijarros, recogidos en la zona de la costa. Así se depositan los granos de arena y guijarros y se forma la *playa*.

El mar, que ocupa dos terceras partes de la superficie terrestre, es un potente agente geológico, que erosiona potentes capas de sedimentos. Desde hace mucho tiempo el mar atrae la atención de los sabios. Sin embargo, estudiar las inmensidades oceánicas es difícil y peligroso. En aparatos especiales los hombres bajan a las profundidades de



Tras las tormentas, las olas se retiran de la playa. En la arena quedan los restos de árboles, algas y plantas que el mar arrojó a la orilla.

las aguas marítimas. La mayor profundidad adonde se ha conseguido llegar es de 4.050 metros. Pero esta profundidad, comparativamente, no es muy grande, ya que las mayores profundidades descubiertas en los océanos Pacífico y Atlántico pasan de los 10.000 metros.

El fondo oceánico lo investigan con sondas y con pesadas redes dragas de grandes profundidades, que bajan al mar en cables de acero. Con la ayuda de estas sondas y dragas sacan animales marítimos y sedimentos del fondo de las cavidades oceánicas más profundas.

La fauna marítima tiene gran variedad y riqueza de formas. Resulta que los organismos vivos se encuentran desde las capas de la superficie hasta las más grandes profundidades.

Sin embargo, la mayor variedad y riqueza del mundo orgánico se observa solamente hasta la profundidad de 200 metros. Aquí aún llega la luz, necesaria para la vida de las plantas, y en las zonas tropicales y cálidas el agua se calienta muy bien con los rayos solares. El oxígeno, necesario para la vida, llega no sólo del aire sino que se desprende abundantemente de las plantas que viven en el agua. Es por esto que la zona de poca profundidad del mar que rodea a los continentes, a veces estrecha, otras veces ancha, se distingue por sus exclusivas y favorables condiciones para el desarrollo de la vida.

En el agua nadan las más variadas clases de peces, algunos de ellos de importancia industrial. Algas unicelulares —animales microscópicos con delgados esqueletos de cal y sílice— pululan en las aguas en enormes masas.

Las algas sirven de alimento a los peces y otros animales marítimos. En el fondo habitan numerosos moluscos de claros colores, estrellas y caballitos de mar, erizos, cangrejos, etc. En algunos sitios hay tantos que como una alfombra cubren el fondo del mar, donde crecen las algas en abundancia. En las costas de las islas Kuriles se encuentran algas gigantes de color amarillo que alcanzan una longitud de 60 metros.

La vida más rica y variada se encuentra en los mares templados y tropicales, donde la temperatura media anual es muy grande. Para estos mares son característicos los animales con potentes corazas de cal y conchas. Después de su muerte los esqueletos de cal se acumulan en enormes cantidades, y con el tiempo se cimentan con sales cálcicas, que caen de las aguas del mar y se convierten en calizas.

Grandes sedimentos de calizas se encuentran en los arrecifes de coral que se desarrollan en la zona ecuatorial de los océanos. Los arrecifes son un ejemplo de la extraordinaria riqueza de la acumulación de animales y plantas. La base de los arrecifes la forman los mismos constructores de arrecifes, los pólipos de coral, que tienen esqueleto de calcio. Estos pólipos son organismos de colonias. El aspecto de las colonias, formadas por numerosas células de pólipos, es extraordinariamente variado: en forma de círculo, en forma de setas, de disco y de ramas. Las colonias de las algas muchas veces tienen un color púrpura, verde y amarillo. La formación y crecimiento se deben a su multiplicación. Las colonias están unidas al fondo rocoso del mar o bien crecen unas encima de otras.

Las colonias, mejor que en ningún sitio, crecen a una profundidad de 10 a 12 metros. En ellas se instalan peces pintados de claros colores, estrellas de mar de colores rojos, cangrejos, ostras púrpura, gusanos violetas y muchos otros animales.

Los arrecifes de algas acostumbran a ser de diferente forma. Se encuentran arrecifes que crecen cerca de la costa: son los llamados *arrecifes bordeantes*. Se encuentran en el mar Rojo, en la península de Sinaí y en las costas de Florida (América del Norte). Su anchura no es muy grande, hasta medio kilómetro, quizás un poco más. El crecimiento de los arrecifes tiene lugar en la parte del mar donde se levantan grandes olas que traen consigo alimento y oxígeno, necesarios para la vida de los pólipos de coral.

Cuando los arrecifes se separan de la costa por un estrecho o laguna forman la llamada barrera, como por ejemplo la Gran Barrera, arrecife en la costa nordeste de Australia. Este prolongado arrecife alcanza más de los 2.000 kilómetros. En los arrecifes de Australia surgen islas de arena, cubiertas de magnífica vegetación tropical.

Son particularmente interesantes las construcciones de coral, llamadas *arrecifes anulares* o *atolones*. Están dispersados entre los espacios oceánicos y muchas veces forman archipiélagos de islas. Ejemplos de estos archipiélagos son las islas Marshall y Carolinas, en el océano Pacífico, y las islas de San Mauricio en el océano Índico.

Las islas en el atolón se sitúan en un círculo, en el centro del cual se encuentra la laguna. El anillo de las islas alcanza no más de 1 kilómetro de anchura.

Los atolones son un hermoso espectáculo: en la blanca y deslumbradora arena de coral se extienden los bosques de palmeras, plátanos y árboles de pan.

La laguna, con una dimensión de 1 a 110 kilómetros de diámetro, es un original mar interior, que se distingue por sus tranquilas, cristalinas y azules aguas. El agua en las lagunas ofrece un sorprendente contraste con las siempre inquietas del océano, donde continuamente rugen las olas, que se rompen en el fuerte arrecife.

A más de 200 metros la llegada de los rayos del sol es difícil, y allí reina una luz crepuscular, que se convierte en oscura a la profundidad de 500 metros, bajando la temperatura del agua.

Aproximadamente a la profundidad de 1.000 metros (y un poco más) se acumula fango, de color rojizo o verdoso-azulado. Se forma de pequeñísimos granos de minerales; más que nada de óxidos de hierro, cuarzo y calcio. Este fango seco representa un polvo muy fino que se desmenuza fácilmente entre los dedos.

Estos fangos minerales se acumulan no en las partes centrales de los océanos, sino cerca de los continentes. Son conocidos en las costas orientales de América del Norte y del Sur, y en las costas de Europa occidental.



El fondo oceánico se investiga con sondas electroacústicas (el "Sonar"), con las cuales, se pueden medir distancias y localizar en las cavidades del océano más profundo animales marinos, sedimentos u otros objetos. En la ilustración, un hombre rana localizando un viejo torpedo gracias a la sonda.

La gran masa de sedimentos minerales que se acumulan en el fondo proviene de las capas superiores del agua, adonde son llevadas por los ríos. Anualmente los ríos transportan al mar una enorme cantidad de fragmentos. Los fragmentos más grandes se sedimentan en las zonas de poca profundidad, y las partículas más pequeñas de minerales son llevadas más allá de la costa cayendo a fin de cuentas al fondo.

En las profundidades de las partes centrales de los océanos apenas llegan los granos de minerales traídos por los ríos de los continentes. Allí la acumulación de sedimentos se produce principalmente a costa de los esqueletos de organismos de animales que viven en los mares. Entre ellos se encuentran los animales más sencillos. Además de los animales microscópicos, en la formación de sedimentos de las grandes profundidades toman parte las algas microscópicas unicelulares *diatomeas*, encerradas en hermosas corazas de sílice.

Después de la muerte de los animales sencillos sus conchas lentamente caen al fondo. Su sedimentación tiene lugar durante decenas de años, ya que el peso específico de las conchas es parecido al peso específico del agua marítima; aquellos que durante el camino no se disuelven alcanzan el fondo. La acumulación de sedimentos de conchas en las profundidades se lleva a cabo durante muchos centenares, millares e incluso millones de años.

Los esqueletos de sílice, difíciles de disolver, penetran a más profundidad (hasta 7.000 e incluso 8.000 metros) que los de calcio (hasta 5.000, con menos frecuencia 5.500 metros). Partes extensas del fondo de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico están cubiertas de sedimentos (esqueletos de organismos de calcio). En el norte del océano Atlántico, la sedimentación del fondo es de esqueletos de sílice. En las aguas antárticas, en el fondo de los océanos, pasa una ancha franja de fango de diatomeas de sílice.

En las profundidades de más de 8.000 metros se acumula un sedimento muy interesante que ha recibido el nombre de *arcilla roja oceánica*. En esta arcilla plástica de color chocolate se encuentran a veces dientes de tiburones muertos.

La arcilla roja oceánica se acumula muy despacio. Lo testifica el hecho de que los dientes de un tiburón, desaparecido aproximadamente 30 millones de años atrás, estaban cubiertos por un sedimento de 10 a 12 centímetros de espesor.

El mar es un gigantesco almacén de sedimentos. En la formación de sedimentos marítimos toman parte los ríos, que llevan fragmentos de especies minerales de la tierra, las mismas olas marítimas que destruyen la costa, y, lo más importante, la enorme cantidad de diferentes organismos que habitan los mares y océanos.

Hay aún otra forma de sedimentos: los químicos o sales (yeso, sal mineral, sal potásica), que surgen de una fuerte evaporación del agua marítima en los golfos y lagunas. Las fronteras del mar y de la tierra no son regulares. El mar puede avanzar en la tierra e inundar grandes superficies de los continentes. El avance del mar moja y nivela la superficie de la Tierra, cubriéndola con sus sedimentos. Los contornos de las cuencas de los mares antiguos no coinciden con los contornos de los mares actuales.

La existencia de antiguos mares está reconocida en muchos sitios del globo terrestre. Con frecuencia se puede ver cómo sedimentos marítimos cubren, en pliegues, estratos y bases de montañas antiguas destruidas y niveladas por los mares.

Gracias al desplazamiento de las fronteras de la tierra y del mar el trabajo destructor de las olas marítimas tiene un papel importante en la variación del relieve de la superficie terrestre.

Los glaciares y su importancia en la vida de la Tierra

Hay en nuestro globo terrestre regiones donde la nieve y el hielo nunca se licúan. Están situadas donde el clima es frío y húmedo, el invierno largo y nevoso y el verano corto y destemplado. La nieve no tiene tiempo de derretirse durante el verano. Año tras año se acumula en los ahondamientos y cuencas, y con el tiempo cubre completamente la superficie de la tierra. Estas regiones se encuentran en los países polares y territorios montañosos. Su superficie total en todo el globo



Las algas son el alimento principal de moluscos y peces. En ocasiones éstas cubren el mar y forman una gran alfombra donde se refugian diversas especies marinas.

terretre es actualmente de unos 16 millones de kilómetros cuadrados.

La nieve que se acumula en las cuencas en los días de sol se derrite en la superficie, y por la noche se congela de nuevo. Así se forma una costra de hielo, bien conocida por los esquiadores.

Una parte del agua derretida se infiltra en el interior de la capa de nieve, y allí se hiela en forma de películas delgadas rodeadas de copos de nieve. Cada copo de nieve, cubierto de hielo, tiene la forma de un grano, y toda la capa de nieve se convierte gradualmente en granulada. La nieve prensada y condensada con granos separados de hielo se llama *firn*.

Los granos poco a poco aumentan de tamaño. Las capas inferiores del firn se solidifican más y más, y, finalmente, se convierten en hielo blanco, granulado e intransparente, llamado *hielo de firn*.

La nieve continúa acumulándose en la superficie; cada año la presión sobre el hielo de firn crece, y éste se condensa cada vez más. Del hielo se desprenden burbujas de aire, y los granitos de hielo cristalizan de nuevo. El hielo de firn se convierte gradualmente en hielo transparente de color azulado llamada *glastcher*, constituido de cristales de hielo.

El hielo posee una particularidad muy interesante: la plasticidad. Bajo presión empieza a gotear como un líquido, y continúa siendo un cuerpo sólido parecido a la cera, al lacre, al cocimiento del zapatero, al acero, estaño y otros objetos. Si ponemos trozos del cocimiento del zapatero en un embudo y lo dejamos durante algunas horas, el cocimiento poco a poco empezará a rebosar por el cuello del embudo. Pero si golpeamos con un martillo el chorro saliente, éste se romperá en pequeños trocitos ya que es sólido y frágil. De esta manera el cocimiento del zapatero cuajado tiene al mismo tiempo dos cualidades: ser un cuerpo líquido y sólido.

Cuando en el hielo de glastcher se acumula mucho firn y nieve, y la presión es lo suficiente grande, el hielo empieza a rebosar de la cuenca formando el glaciar.

Los sabios distinguen varios tipos de glaciares. Los principales son: *continentales y montañosos*.

El glaciar continental cubre completamente la isla de Groenlandia y el continente del sur de la Antártida.

En la isla de Groenlandia el hielo tiene un enorme grosor, más de 3 kilómetros.

¿Cómo se pudo formar un casquete tan enorme de hielo? La isla es una llanura rodeada de norte a este por montañas. En esta llanura hay ahondamientos o cuencas en que se acumula la nieve. Poco a poco la nieve se prensa, condensa y se convierte en hielo firn y más tarde en hielo glastcher. Cuando la presión al hielo glastcher aumenta, hasta tal punto que rebosan las cuencas y ahondamientos, empieza a derramarse por todos lados igual que la masa que ha rellenado una cazuela. Los glaciares de diferentes cuencas se unen y forman una enorme cubierta de hielo de gran grosor, que empieza a deslizarse hacia el lado donde el terreno tiene mayor declive.

Los hielos continentales se mueven bastante aprisa ya que el hielo glastcher posee una gran plasticidad a causa de su enorme peso. La velocidad de algunos glaciares en Groenlandia alcanza hasta los 40 kilómetros en un día.

Los glaciares de Groenlandia y de la Antártida van avanzando hacia los océanos, donde se rompen dando principio a las montañas de hielo flotantes, llamadas *icebergs*. Los grandes icebergs tienen la forma o bien de rocas fantásticas, alcanzando a veces una altura de más de 100 metros sobre el nivel del mar, o de islas flotantes que alcanzan algunas decenas de kilómetros de longitud. Algunas veces se parecen a enormes mesas con una parte superior plana cubierta de nieve blanquísima. Gradualmente las islas de hielo se derriten y toman formas sorprendentes que recuerdan a las pirámides egipcias, arcos, torres, enormes estatuas de mármol y castillos. Bajo los rayos del sol brillan y se desbordan con diferentes tonos de colores azul y verde; durante las puestas de sol arden con fuegos purpúreos y violetas. Un iceberg iluminado por el sol es un espectáculo maravilloso. La mole del iceberg que avanza silenciosamente parece a veces un fantasma blanco.

En el año 1912 el enorme transatlántico *Titanic*, que navegaba por el océano Atlántico, chocó en la niebla con un iceberg arrastrado por la corriente a latitudes donde no es fácil encontrar hielos flotantes. Antes, los capitanes de los buques debían observar con atención la oscuridad de la noche para evitar los encuentros con los icebergs. Ahora, en los buques hay instalados aparatos radiolocalizadores que avisan el peligro que les pueda acechar.

Los viajeros de los mares del norte han podido observar algunas veces un fenómeno interesante: las explosiones de icebergs, que avanzaban por aguas oceánicas. Estas explosiones sorprenden por ser inesperadas y también por su belleza.

He aquí una enorme roca de hielo blanco. De repente el aire se estremece por una explosión y la roca vuela en pequeños trozos que después de levantarse a gran altura caen como una lluvia en la superficie del océano. La impresión es tal que parece como si hubiese explotado una bomba.

Los sabios han descubierto los motivos de estas explosiones en las montañas de hielo. La causa reside en que la nieve fresca, recién caída, contiene mucho aire que al condensarse penetra en el interior del glaciar, y se infiltra gradualmente por las grietas del iceberg. Pero si estas grietas no existen el aire puede acumularse en cualquier vacío o cámara en el interior del hielo. Aquí se encuentra bajo una gran presión. A medida que el hielo se condensa la presión aumenta. Al derretirse el glaciar la cámara de aire condensado puede abrirse de repente; como resultado de esto la presión bajará inmedia-

tamente, y el aire se ensanchará. Todo esto puede ocasionar una verdadera explosión. Si andamos por la superficie del glaciar un dia soleado y cálido de verano podremos escuchar ruidos parecidos a crujidos, que salen debajo de nuestros pies, de las partes interiores del glaciar.

Los hombres durante mucho tiempo no comprendieron el origen de estos crujidos que relacionaban con diversas leyendas de los espíritus de la montaña. En realidad los crujidos son debidos a que en el interior del glaciar estallan pequeñas cámaras de aire comprimido.

Los glaciares montañosos empezaron a formarse en las cuencas situadas en las pendientes de las altas montañas, por encima de las fronteras de las nieves perpetuas, y se derraman hacia abajo por los bancos y valles. En su camino el hielo ensancha y pule las pendientes del valle, que adopta progresivamente la forma de tina. Por esto al valle glaciar se le llama *trog* que en noruego significa «tina». Desde arriba el glaciar montañoso parece un río que se hubiese detenido de repente.

El grosor del hielo en los glaciares montañosos se cuenta en algunos centenares de metros, y la velocidad de su movimiento es muy pequeña. Un grupo de sabios que investigaba los glaciares montañosos excavó en el hielo un piso entero con cocina y todo, al que llamaron hotel. El glaciar junto con el hotel se movió 146 metros en dos años. Algunos glaciares avanzan aún más despacio. Por ejemplo: los glaciares del Cáucaso tienen una velocidad no superior de los 35 a 45 metros al año. Por el contrario los grandes glaciares en el Pamir y en Tian-Shan, que alcanzan una longitud de 80 kilómetros, avanzan con una velocidad de 1.200 metros al año.

Los ríos montañosos forman con frecuencia rápidas cataratas, ya que a lo largo de su curso tienen salientes parecidos a escaleras bruscas. El glaciar al deslizarse por estas escaleras forma *cascadas de hielo*. El hielo no es tan plástico como, por ejemplo, la cera; por esto en los lugares de las cascadas el hielo se parte en profundas grietas transversales y se divide en diferentes témpanos que adquieren al deshelarse diversas formas fantásticas. Profundas grietas se forman en la superficie del glaciar en los lados donde el movimiento del hielo disminuye por el roce con las costas del valle. Las grietas en los glaciares son muy peligrosas para los alpinistas, particularmente si están cubiertas por nieve recién caída. Algunas grietas atraviesan todo el grosor del hielo alcanzando algunas veces 250 metros de profundidad.



Grandes sedimentos de calizas se encuentran en los arrecifes de coral como muestra de la extraordinaria riqueza de la acumulación de animales y plantas. En el mar Rojo, en el Sudán, los arrecifes coralinos ofrecen este aspecto.

Los glaciares montañosos terminan donde el calor solar es suficiente para deshelar todo el hielo. Al extremo del glaciar surge un riachuelo montañoso, alimentado por las aguas desheladas del glaciar.

Muchos grandes ríos del Cáucaso y del Asia Central, como el Terek, el Kura, el Rioni, el Sir Daria, Amu Daria y otros, tienen su comienzo en los glaciares. Estos ríos son muy caudalosos en los meses cálidos de verano cuando es más fuerte el deshielo de los glaciares.

El glaciar, con su enorme peso, presiona la superficie de la Tierra. Al ponerse en movimiento efectúa un gran trabajo destructor. Fragmentos de materiales caen sobre él, y a veces trozos enormes de rocas junto con el glaciar. Estas acumulaciones de materiales rocosos en la superficie, en el interior o debajo de la masa de hielo, se llaman *morrenas*.

Se distinguen las siguientes clases de morrenas: *internas, laterales, frontales, centrales* y *de profundidad*.

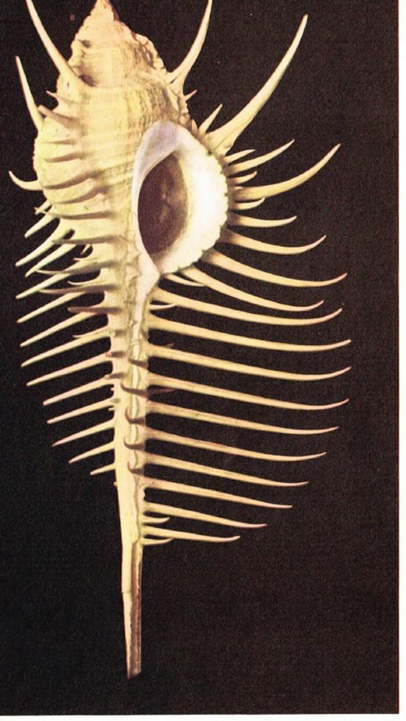
Los cantos de las morrenas, en particular las de profundidad, con frecuencias están llenos de arañazos que han recibido durante su avance en las rocas. En algunos casos el glaciar arranca trozos de rocas, y en otros las pule y recoge fragmentos de los materiales que encuentra en su camino.

La morrena se forma en la superficie del glaciar, ya que de las montañas que la rodean, al ser objeto de la aeración, caen fragmentos sobre el glaciar, y por sus lados surgen los terraplenes. Son las llamadas morrenas laterales.

Si dos glaciares de los valles se unen formando uno solo, las dos morrenas laterales forman una morena central; por la cantidad de morrenas centrales se puede determinar de cuántas corrientes glaciares está formado el glaciar.

En el sitio donde el glaciar se deshiela, los materiales transportados se acumulan en forma de terraplenes formando un mediocírculo llamado morrena frontal.

La altura de estos terraplenes es a veces muy grande.



De esta manera, los glaciares con ayuda de los materiales recogidos aplanan y destruyen las especies rocosas, transportan fragmentos y los separan en los sitios del deshielo. Un gran trabajo efectúan los riachuelos que se originan en los glaciares. Sacan los materiales de la morrena y los ponen en su cauce.

Los sedimentos del hielo siempre se pueden distinguir de los sedimentos producidos por el agua corriente; las morrenas glaciares no están formadas en capas, y en ellas no se observa ninguna clasificación de los materiales fragmentarios mientras que las aguas derretidas del glaciar, al lavar la morrena, sedimentan capas clasificadas de guijarros y arena.

Actualmente los glaciares continentales no están muy extendidos, excepto en Groenlandia y la Antártida, cubiertas por una enorme coraza de hielo; pero aproximadamente medio millón de años atrás, en el hemisferio norte, extensas masas de glaciares cubrían América del Norte, Europa y Asia.

La potencia media de la cubierta glaciar de Europa, según suposiciones de los sabios, alcanzaba los 1.000 metros. Anteriormente el clima en el hemisferio norte era suave y templado. En el territorio de Europa, por ejemplo, vivían animales del sur, como el hipopótamo, la avestruz, un enorme elefante, el mamut; el león, la hiena, etc. Con el enfriamiento del clima, en la península escandinava se formó un glaciar que se extendió por

Después de su muerte, las conchas de los moluscos se depositan en el fondo del mar. Varias muestras de conchas: arriba, a la izquierda, murex triremis; **abajo,** harpa major, **muy común en el océano Pacífico; a la derecha,** malleus albus, **que se encuentra principalmente en las islas del Pacífico.**







El fondo marino, donde se encuentran las algas marinas, es zona de localización de numerosos moluscos, cangrejos, peces y caballitos de mar, que se alimentan de ellas.

gran parte de Europa. Los glaciares llegaban al sur, hasta los Cárpatos. Poco a poco murieron los animales del sur. Su sitio lo ocuparon los animales de clima polar, ciervos del norte, mamuts con pelambre espesa y lanosa, rinocerontes peludos, lobos y osos. Estos animales se diseminaron ampliamente a fines de la época glaciar.

Los glaciares antiguos, al retirarse, dejaban morrenas en todo el enorme territorio de los continentes. Por estos sedimentos, característicos del hielo, podemos saber las fronteras de difusión de los glaciares.

Cuando el glaciar encontraba en su camino materiales rocosos duros, los trabajaba, aplanaba, redondeaba y pulía. Así se formaron las *rocas onduladas* y las *rocas aborregadas*.

La ciencia ha establecido la repetición de los períodos glaciares, que se sucedieron no sólo en la época cuaternaria (en Europa cuatro veces), sino también en las épocas más remotas de la historia de la Tierra.

Del estudio de los glaciares se ocupa una ciencia: la *Glaciologia*. Docenas de sabios glaciólogos se trasladan cada año a las regiones montañosas y al lejano norte para investigar los glaciares. Efectúan mediciones de velocidad, potencia, longitud; describen el contenido de los firns, de las morrenas, de los valles glaciares, etc. Su trabajo en las grandes altitudes y en el estudio de las grietas es peligroso muchas veces para su vida. Los glaciólogos no solamente deben ser sabios sino también alpinistas. Actualmente el estudio de los glaciares adquiere una particular importancia en relación con los grandes trabajos de irrigación que tienen lugar en los desiertos arenosos de Asia Central. Los glaciares sirven de almacenes, en que se acumula y conserva la humedad. Los glaciares toman su principio de los ríos centrales asiáticos, cuyas aguas son dirigidas por canales a los campos de cultivo. El caudal de estos ríos depende en gran manera de la cantidad de nieve caída en las montañas y del hecho de si se alarga o se acorta el glaciar. El estudio de los glaciares tiene, pues, una gran importancia práctica.

LA NATURALEZA Y LOS HOMBRES

REPRESENTACIONES CARTOGRAFICAS

Cómo los pueblos antiguos se representaban la Tierra

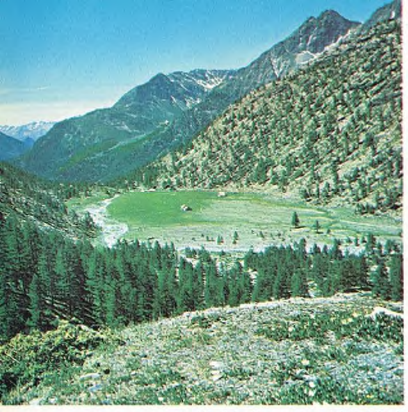
Datos exactos acerca de la Tierra y su forma no han aparecido ni en un lugar ni en un tiempo determinados, y es difícil de aclarar dónde, cuándo y en qué pueblo los datos eran más exactos, ya que muy pocos documentos se han conservado a través de los siglos.

Una de las culturas más antiguas es la china. Varios miles de años antes de Jesucristo los chinos tenían ya lengua escrita, sabían representar un lugar en el mapa y componían descripciones geográficas. Pero, desgraciadamente, estos antiguos mapas, así como las antiguas descripciones de la Tierra, han sido poco estudiadas aún.

La cultura hindú es también antiquísima. Según la leyenda, los hindúes representaban la Tierra en forma de llanura que descansaba sobre lomos de elefantes.

Hasta nosotros han llegado preciosos documentos históricos de viejos pueblos del Cercano Oriente, en las cuencas de los ríos Tigris y Éufrates, en el delta del Nilo y a orillas del mar Mediterráneo en el Asia Menor y sur de Europa, que han transmitido escritos de la antigua Babilonia que datan de unos 6.000 años. Los babilonios heredaron a su vez conocimientos de pueblos aún más viejos.

Los babilonios representaban la Tierra en forma de una gran montaña, situada en la costa occidental de Babilonia.



La Glaciología se ocupa del estudio de los glaciares. Muchos sabios se dedican al estudio de las morrenas, firns y valles glaciares. En Aosta, el valle de Pian de Verra, pertenece a este último grupo.

Habían observado que al sur estaba el mar, y al oriente, las montañas que no se atrevían a traspasar. Por esto imaginaban que Babilonia estaba situada en la costa occidental de la montaña «del Mundo». Esta montaña, redonda y cercada por el mar, se apoyaba, como una taza invertida, sobre un cielo firme: el mundo celestial. En el cielo, como en la Tierra, había tierra firme, aire y agua. La tierra celestial era el cinturón de las constelaciones del Zodíaco, como una presa extendida dentro del mar celestial. Sobre este cinturón de tierra se movían el Sol, la Luna y cinco planetas. Debajo de la Tierra había un abismo —el infierno— donde bajaban las almas de los difuntos. Por la noche el sol pasaba a través de este subterráneo, desde el borde occidental de la Tierra hacia el oriental, para empezar de nuevo, por la mañana, su camino sobre el cielo. Observando la puesta de sol en el horizonte del mar, los hombres imaginaron que el sol se hundía en el mar y que debía de alzarse también del mar.

Los antiguos babilonios fundaban la representación de la Tierra en las observaciones de fenómenos de la Naturaleza, aunque la limitación de conocimientos no les permitía dar una explicación exacta.



Homero

De distinto modo representaban la Tierra los pobladores de Palestina. Los antiguos hebreos vivían en la llanura y se imaginaban la Tierra en forma llana con montañas que se elevaban en diferentes sitios. Creían en un lugar particular del universo como origen de los vientos, que traían consigo la lluvia y la sequía. La morada de los vientos se encontraba formando un cinturón bajo el cielo que separaba la Tierra de las aguas celestiales: nieve, lluvia y granizo. Debajo de la Tierra se hallaba el agua que ascendía en canales nutriendo mares y ríos. No obstante no tenían una idea definida de la forma de la Tierra.

Es bien conocido que los fenicios, egipcios y griegos eran expertos navegantes. En pequeñas embarcaciones se lanzaban valerosamente mar adentro descubriendo nuevas tierras. Los geógrafos deben mucho a los helenos o antiguos griegos, pueblo poco numeroso pero creador de una alta cultura, que ocupaba el sur de las penínsulas balcánica y apenina de Europa.

Las más antiguas representaciones de la Tierra que conocemos se encuentran en los poemas *La Odisea* y *La Ilíada* (siglos VIII y XII a. de J. C.) atribuidos a Homero. De estos poemas se deduce que los griegos se representaban la Tierra en forma de un disco ligeramente convexo, parecido a un escudo. Sobre la tierra firme, bañada por el río Océano, estaba el firmamento de cobre por el que el Sol iba cada día desde las aguas del océano, en oriente, hasta sumergirse de nuevo en occidente.

Un filósofo griego, Tales de Mileto (siglo VI a. de J. C.), representaba el universo como una masa líquida en cuyo interior se alzaba una gran burbuja en forma de hemisferio. La superficie cóncava de esta burbuja era el cielo y, debajo, en el círculo base de la misma estaba flotando la Tierra, que tenía forma llana. No es difícil adivinar que esta representación de la Tierra como isla flotante la basaba Tales en un hecho de conocimiento general que afectaba a la peculiar geografía de su país: Grecia está formada por numerosas islas.

Anaximandro, griego también (siglo VI antes de J. C.), en cambio, se imaginaba la Tierra en forma de columna truncada o cilindro. Los hombres vivían sobre su base, cuya mitad estaba ocupada por tierra firme formando una isla circular rodeada por el océano. En la tierra poblada se formaba una cuenca marina que la dividía aproximadamente en dos partes iguales: Europa y Asia. Grecia estaba situada en el centro de la tierra firme, y la ciudad de Delfos en el centro de Grecia (el ombligo de la Tierra). La salida del Sol y de otros astros sobre el lado oriental del cielo, después de haberse ocultado detrás del horizonte oeste, hizo creer a Anaximandro que la Tierra era el centro del universo.

Los seguidores de otro antiguo sabio, Pitágoras, fueron aún más lejos: descubrieron que la Tierra tenía forma de globo, y la misma forma atribuyeron a

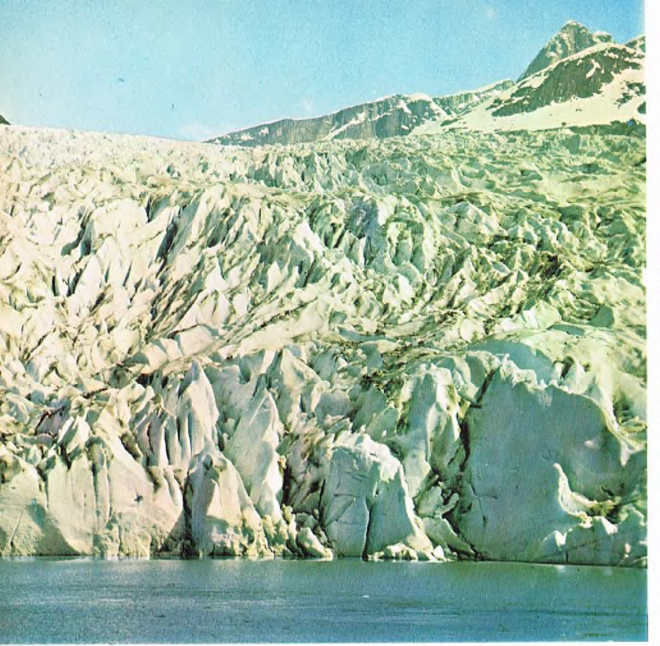




El glaciar de Grindenwald Fiescher visto subiendo al Jungfrau con el trenecito que hace el recorrido. Al fondo el Schreckhorn Lauteraahorn.

otros planetas. Aristóteles, el famoso sabio de la antigüedad (siglo IV antes de J. C.), no solamente estudió la forma esférica de la Tierra, sino que fue el primero en demostrarlo científicamente. Aristóteles argüía que si la Tierra no tuviese forma de globo, la sombra que proyecta sobre la Luna no sería circular.

Más tarde, con el famoso astrónomo Aristarco de Samos, se inicia una nueva etapa en la ciencia de la antigua cultura griega (fin del siglo IV y primera mitad



En Alaska, junto al mar y cerca de Juneau se encuentra el glaciar Mendenhall.

del III a. de J. C.). Él intuyó que no es el Sol, conjuntamente con los planetas, quien gira alrededor de la Tierra, sino que es ésta y los demás planetas los que giran alrededor del Sol. Sin embargo no pudo demostrarlo científicamente; ha sido necesario el transcurso de 1.700 años para que esto fuese conseguido por el genial sabio polaco Copérnico.

Los griegos intentaron, incluso, precisar el tamaño de la Tierra. El famoso escritor de la antigüedad, Aristófanes (segunda mitad del siglo IV a. de J. C.), en su comedia *Nubes* habla de los intentos de precisar las dimensiones del globo terrestre, base de la Geografía matemática. Eratóstenes (siglo II antes de J. C.), astrónomo, geógrafo, matemático y poeta griego, fue el primero en dar una evaluación de las dimensiones de la Tierra, a la que consideraba, como Aristóteles, de forma esférica.

Así, pues, gradualmente, la representación de la Tierra fue siendo cada vez más real.

Los geógrafos del mundo antiguo intentaron dibujar mapas parciales de tierras que conocían y aun de la Tierra entera. Estos mapas no eran, naturalmente, ni complejos ni exactos. Sólo dos siglos antes de Jesucristo empezaron a dibujar mapas aceptables.

Más de dos mil años atrás, los sacerdotes de Babilonia sabían ya que la Tierra tenía forma de globo y habían calculado la longitud de la circunferencia terrestre. Según sus cálculos esta longitud era de 24.000 millas. Para comprobar la exactitud de esta cifra, los científicos contemporáneos han investigado el valor de la milla de aquellos tiempos, equivalente a 4.000 pasos de camello, según un antiguo documento babilónico. Dando al paso de un camello cargado un valor de 80 centímetros, la longitud de la circunferencia de la Tierra, según los babilonios, representaba unos 76.800 kilómetros, es decir, casi dos veces más que la real.

Cómo se midió primeramente la Tierra y cómo se mide en la actualidad

La más exacta determinación de las dimensiones del globo terrestre, en la antigüedad, la consiguió el sabio griego Eratóstenes, que vivió doscientos años antes de nuestra era. En sus viajes hacia el sur, desde la ciudad de Alejandría a la ciudad de *Syena* (hoy Assuán), pudo observar, en ésta, que el sol ilumina el fondo de los más hondos pozos cuando alcanza el punto más alto de su órbita aparente, mediodía del 22 de junio (solsticio de verano); esto es, cuando el sol está en el cenit en aquella región. En este momento los objetos no proyectan allí sombra alguna. En cambio, en Alejandría, en el mismo día, el sol de mediodía no ilumina el fondo de los pozos y los objetos dan sombra. Eratóstenes determinó que, en tal día y hora, la desviación del Sol respecto al cenit, en Alejandría, es de 7° 12', que es la 1/50 parte de la circunferencia. Tales medidas pudo realizarlas con ayuda de un aparato llamado *escafa*.

El escafa estaba formado por una taza hemisférica en cuyo centro tenía una aguja fijada perpendicularmente. La sombra de la aguja caía sobre la superficie interior del escafa. Para medir en grados la desviación del Sol respecto al cenit se utilizaban círculos numerados, trazados en la superficie interior del escafa. Si, por ejemplo, la sombra de la aguja llegaba hasta el círculo marcado con el número 50 el Sol estaba 50° desviado del cenit. Con estos cálculos Eratóstenes determinó que Alejandría estaba a una distancia de Syena, equivalente a 1/50 de la circunferencia de la Tierra. Entonces, para medir esta circunferencia sólo faltaba conocer la distancia de Alejandría a Syena y multiplicarla por 50. Esta distancia era conocida por el tiempo que invertían las caravanas en enlazar ambas ciudades. En medidas usuales de la época esta distancia se valoraba en 5.000 estadios (cada estadio equivalía a 300 codos). Entonces, si 1/50 de la circunferencia terrestre medía 5.000 estadios, la medida total de esta circunferencia era igual a 5.000 multiplicado por 50, o sea, 250.000 estadios, que traducidos a nuestras unidades de longitud corresponden a 39.500 kilómetros, aproximadamente.

Conocida la longitud de la circunferencia terrestre, Eratóstenes pudo calcular fácilmente el radio de la Tierra, sabiendo que el radio de cualquier circunferencia es siempre 6'283 veces menor que la misma. Basándose en sus cálculos, el radio terrestre tendría unos 6.290 kilómetros, y el diámetro, 12.580 kilómetros, medidas muy aproximadas a las que determinan nuestros modernos aparatos de precisión.

Después de Eratóstenes, y en varios



Los glaciares, con ayuda de los materiales arrastrados, aplanan y destruyen las rocas transportando sus fragmentos y separándolos en los sitios de deshielo. Actualmente los glaciares continentales no están muy extendidos, excepto en Groenlandia y la Antártida.

siglos, ningún sabio intentó medir nuevamente la circunferencia de la Tierra hasta que se descubrieron medios de precisión para medir con gran exactitud distancias de la superficie terrestre.

Hasta el siglo XVII no fue hallado un método seguro de medir distancias a escala de las dimensiones de la Tierra: el *sistema de triangulaciones*, llamado así de la palabra triángulo. Este procedimiento permite medir grandes distancias salvando los obstáculos naturales y accidentes geográficos de la superficie terrestre, como bosques, ríos, pantanos, etc.

Para la medida se procede de la manera siguiente: Se mide con toda precisión la distancia entre dos puntos cercanos A y B desde los cuales son visibles accidentes o construcciones muy distanciados y destacados por su elevación sobre el terreno: montes, torres, campanarios, etc. Se elige, según convenga, uno de ellos como punto C, cuya distancia respecto a A y B es desconocida. Con un aparato de precisión (teodolito) se lanza una visual de A a C y de B a C, y se miden los ángulos formados por las direcciones AB y AC en el punto A, y BA y BC en el punto B. Conocido el valor del ángulo así formado en el vértice A y el del vértice B, es fácil construir el triángulo ABC sobre el lado AB ya conocido, y, por tanto, encontrar, por simple cálculo, las longitudes correspondientes a los otros dos lados AC y BC del triángulo o sea, las distancias entre los puntos A y C y los puntos B y C.

El trazado de estos triángulos puede hacerse sobre papel, reduciendo las medidas a escala conveniente y con ayuda de cálculos trigonométricos.

Conociendo ya la distancia entre B y C podemos dirigir la mira del teodolito a otro punto cualquiera D desde estos dos puntos, y, por el mismo procedimiento, construir otro triángulo que nos dará las distancias BD y CD. Y así se puede continuar, cubriendo la superficie de la Tierra de una red de triángulos, ABC, BCD..., en todos los cuales se pueden sucesivamente determinar todos los lados y ángulos.

Se comprende, pues, que, una vez medido el lado AB del primer triángulo (base), toda la cuestión se reduce a medir los ángulos que se forman entre él y las dos visuales que se lanzan sobre un nuevo punto. Trazada una red de triángulos se puede calcular, con ayuda de la Trigonometría, la distancia entre el vértice de un triángulo y el vértice de cualquier otro triángulo, por alejados que estén uno de otro. Así queda resuelto el problema de la medición de grandes distancias sobre la Tierra.

La aplicación práctica del método de triangulación sobre el terreno no es asunto tan sencillo como parece. Este trabajo sólo puede ser realizado por personal técnico experimentado y provisto de aparatos de gran precisión para medir triángulos. Corrientemente, antes de proceder al trazado de los triángulos, es necesario organizar expediciones de personal calificado que duran meses y hasta años. Estas expediciones preparan el terreno montando altillos especiales o señales en los puntos que han de servir de vértices de triangulación.

El método de triangulación ha ayudado a los científicos a precisar los conocimientos sobre el tamaño y forma de la Tierra.

En efecto, Newton, el científico inglés (1642-1727), opinaba que la Tierra tiene

forma de esfera exacta, ya que, girando sobre su eje, todas las partículas de su masa se encuentran bajo la influencia de la fuerza centrífuga, muy intensa en el Ecuador y nula en los Polos.

La fuerza centrífuga en el Ecuador actúa contra la fuerza de gravitación debilitándola. El equilibrio entre la fuerza de gravitación y la fuerza centrífuga se ha producido cuando la masa de la Tierra en el Ecuador se ha hecho mayor que en los Polos, es decir, cuando el diámetro ecuatorial ha llegado a ser mayor que el polar. Así, pues, el globo terrestre se ha *hinchado* en el Ecuador y se ha *comprimido* en los Polos, adoptando, poco a poco, la forma de una mandarina o, hablando científicamente, la forma esferoide. Una forma semejante deben de tener los demás planetas.

Un importante descubrimiento realizado en aquella época viene a confirmar la suposición de Newton: en el año 1672 un astrónomo francés estableció que si se trasladase un reloj exacto de París a La Guayana (en la zona ecuatorial sudamericana), el reloj se retrasaría dos minutos y medio en veinticuatro horas. Este retraso se produce porque el péndulo del reloj oscila más despacio en esta zona. Es evidente que la fuerza de gravitación que obliga al péndulo a oscilar es menor en La Guayana que en París.

Newton explicó este fenómeno con la hipótesis de que en el Ecuador la superficie de la Tierra está más lejos de su centro que en París. Entonces la Academia de Ciencias de París decidió verificar dicha hipótesis: si la Tierra tiene forma de mandarina, entonces la longitud de un grado de arco de meridiano crecerá a medida que se acerque a los Polos. Se debía, pues, medir por triangulaciones la longitud de un grado de meridiano a diferentes distancias del Ecuador. Giovanni Cassini, director del Observatorio de París, fue el encargado de medir este arco al norte y al sur de Francia.



Al resultar, después de la medición, más largo el arco del sur que el del norte, pareció que debía de ser rechazada la hipótesis de Newton: la Tierra no es achatada como una mandarina, como él sostenía, sino alargada como un limón. Pero Newton no renunció a sus conclusiones alegando error en las mediciones de Cassini, iniciándose así una viva discusión científica entre los partidarios de la teoría de la *mandarina* y los de la del *limón*, que duró más de cincuenta años.

Después de la muerte de Cassini, su hijo Jacques, también director del Observatorio de París, para defender la teoría de su padre, escribió un libro donde probaba que, según las leyes de la mecánica, la Tierra debe ser alargada como un limón.

Para terminar esta discusión, la Academia de Ciencias equipó en 1735 dos expediciones: una hacia el Ecuador y otra hacia el Círculo Polar Ártico. La expedición sur escogió, para sus trabajos, un arco de meridiano de casi 3 grados (330 Km.) que atravesaba el Ecuador en la región peruana, cruzando las más altas barreras montañosas de América. Los trabajos de la expedición duraron ocho años y estuvieron llenos de dificultades y peligros; pero a pesar de ello los científicos llevaron al fin su misión midiendo con toda precisión el arco de meridiano señalado en la zona ecuatorial.

Comparadas las mediciones efectuadas por esta expedición con las de la expedición norte, que trabajó en Laponia, se comprobó que el grado polar es más largo que el ecuatorial. Por consiguiente, Cassini se había realmente equivocado en sus mediciones, y Newton tenía razón cuando afirmaba que la Tierra tiene forma de mandarina. Así se terminó una prolongada discusión científica, y fue aceptada por los hombres de ciencia la teoría de Newton sobre la forma de la Tierra.

Actualmente existe una ciencia particular, la Geodesia, que se ocupa de la

Los viejos pueblos del Cercano Oriente que habitaban en las cuencas del río Nilo, Eufrates y Tigris han transmitido hasta nosotros sus conocimientos acerca de la Tierra que datan de 6.000 años.



Mapamundi babilonio dibujado sobre una tablilla de barro cocido unos 500 años a. de J.C. Sus inscripciones son de carácter cuneiforme. En la parte inferior, que divide el Eufrates y rodea el mar, se alza Babilonia, la legendaria ciudad de las cien puertas.

determinación del tamaño de la Tierra con ayuda de finísimas medidas de superficie. Los datos de estas medidas han permitido precisar la forma exacta de la Tierra.

Los trabajos geodésicos de medición de la Tierra se realizaron y siguen realizándose en varios países. Así, en Rusia, ya en el siglo pasado, se midió con toda precisión el arco de meridiano rusoescandinavo (20 grados) de una longitud de casi 3.000 kilómetros.

La célebre medida del meridiano, hecha por los franceses entre Dunkerque y las islas Baleares, facilitó la longitud del patrón metro (la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre), adoptada por la ley de 22 de junio de 1799.

La medición de los grados en la superficie terrestre tiene una importancia capital por su aplicación práctica, especialmente en el diseño de mapas exactos.

En el mapamundi está trazada una red de meridianos —círculos que pasan por los Polos— y paralelos —círculos paralelos al plano del Ecuador—. El mapamundi no habría podido ser compuesto sin un largo y meticuloso trabajo previo de los astrónomos geodésicos que determinaron, paso a paso, en el transcurso de muchos años, la situación exacta de varios lugares de la superficie terrestre, y luego anotaron los resultados obtenidos en el punto preciso de la red de meridianos y paralelos.

Gracias a los cálculos fundados en las medidas de estos arcos se ha podido determinar la longitud del diámetro terrestre en el plano ecuatorial (diámetro ecuatorial) y en la dirección del eje de la Tierra (diámetro polar). De estos cálculos resulta que el diámetro ecuatorial es más largo que el diámetro polar, confirmando una vez más que la Tierra es achatada por los Polos.

Según los últimos datos de los científicos modernos, el eje polar es 1/298,3 más corto que el ecuatorial. Supongamos que se quiere representar la irregularidad de la forma de la Tierra en una esfera de un metro de diámetro. Si esta esfera tiene en el Ecuador exactamente un metro de diámetro, entonces su eje polar debe medir exactamente 3'35 milímetros menos. Es una diferencia tan pequeña que no puede descubrirse a simple vista.

La forma de la Tierra apenas si se diferencia de la de una esfera. Se podría pensar que las irregularidades del relieve terrestre han de desfigurar la forma de la Tierra, especialmente si se consideran las altas cumbres montañosas que llegan a alcanzar hasta cerca de los 9 kilómetros en el Everest. Pero no es así. En una esfera de un metro de diámetro, una montaña de 9 kilómetros se sepresenta, a escala, como una partícula o un grano de 3/4 de milímetro. Solamente con el tacto, y no sin dificultad, se podría descubrir este saliente.

La forma y dimensiones de la Tierra están, hoy, exactamente determinadas. He aquí los datos:



El mapamundi de Hecateo de Mileto que representaba a la Tierra como una gigantesca isla con el Gran Mar (Mediterráneo) penetrando en su interior.

Longitud del diámetro ecuatorial	= 12.756 kms.
Longitud del diámetro polar	= 12.712 kms.

Las órbitas estudiadas de los priros satélites artificiales de la Tierra permitirán la determinación de la superficie terrestre con una precisión que no ha sido posible obtener hasta ahora con los medios clásicos. Esto permitirá, a su vez, alcanzar una mayor precisión en nuestros conocimientos sobre las dimensiones y forma de la Tierra.

Movimiento de rotación de la Tierra. Sucesión del día y de la noche

Observando el movimiento aparente que cada veinticuatro horas efectúan el Sol y todo el firmamento, desde oriente a occidente, los hombres de la antigüedad creyeron ingenuamente que la Tierra permanecía inmóvil mientras el cielo y sus astros giraban a su alrededor. Esta errónea representación del universo tuvo vigencia hasta que, en el siglo XVII, el gran sabio polaco Nicolás Copérnico demostró que esta representación no era más que una ilusión óptica. No giran el cielo, con el Sol y las estrellas, como les parece a nuestros ojos, sino que somos nosotros los que giramos con la Tierra, la cual da una vuelta completa sobre su eje imaginario cada veinticuatro horas.

Posiblemente al lector le ha ocurrido más de una vez encontrarse en la siguiente situación: está usted sentado en el tren esperando la salida. En la via contigua otro tren se pone en marcha en sentido contrario. Viendo el lento paso de los vagones desde su ventanilla usted piensa: «¡Por fin nos marchamos!»; pero pronto observa que su tren, que cree en movimiento, no tiene el traqueteo y sacudidas habituales y que, al pasar ante el último vagón del tren contiguo, ha cesado la impresión de movimiento. Su tren no se ha movido de sitio. Usted ha sufrido una ilusión óptica. Igualmente se produce una falsa impresión de movimiento cuando alguien que va montado en un tiovivo ve girar a su alrededor todos los edificios, árboles y demás objetos cercanos que evidentemente están inmóviles. Esto mismo ocurre con el movimiento aparente del firmamento. Los astros no giran de oriente a occidente (en el sentido de las agujas del reloj) como parece, sino que es la Tierra la que gira con nosotros cada veinticuatro horas, en sentido opuesto, es decir, de occidente a oriente (o en sentido contrario a la marcha de las agujas del reloj), mirando al Polo Norte.

Dando una vuelta completa sobre su eje, en veinticuatro horas, la Tierra nos da la posibilidad de observar la parte del firmamento iluminada por el Sol y la parte oscura donde quedan visibles las estrellas. La Tierra efectúa una vuelta de 360° cada veinticuatro horas; por tanto la Tierra gira 15° en una hora.

Gracias a la rotación de la Tierra se suceden el día y la noche. En todo momento una mitad de la Tierra está expuesta al Sol, y entonces en ella es de día; mientras que en la mitad opuesta, no iluminada por el Sol, es de noche. Por esta causa no rige la misma hora en todos los puntos de la Tierra, sino que cada uno tiene su hora local. Cuando en Barcelona, por ejemplo, son las doce del mediodía, en la parte opuesta del globo terrestre, o sea, 180° a oriente o a occidente de Barcelona, son las doce de la noche.

La sucesión del día y de la noche, así como las diferentes horas locales, son fenómenos más fáciles de comprender con la ayuda de un globo terráqueo.

En cualquier lugar oscuro coloquemos una lámpara a cierta distancia del globo terráqueo y al mismo nivel de su centro. Esta lámpara representará el Sol. Si encendemos la lámpara veremos perfectamente cómo una mitad del globo está iluminada y la otra está en la sombra. Girando lentamente el globo alrededor de su eje, y en sentido contrario a la marcha de las agujas del reloj, observaremos que el límite de la luz y de la sombra cambia de sitio, y gradualmente se iluminan nuevas partes de continentes y océanos al ritmo del movimiento rotatorio. Por un lado del globo los continentes y océanos se hunden en la oscuridad: allí llega la noche; por el lado opuesto, otros salen a la luz: allí llega el día. Si sobre algunos de los paralelos trazados en el globo terráqueo clavamos alfileres perpendicularmente a la superficie y distribuidos cada 15° hacia oriente u occidente, podremos fácilmente precisar el momento en que un punto marcado por un alfiler llega a su mediodía en el giro del globo. Cuando la sombra proyectada por el alfiler se superpone exactamente sobre el meridiano del punto en cuestión, entonces su hora local será el mediodía. En realidad, en tal momento la lámpara —el Sol— quedará situada sobre la línea norte-sur del mismo punto; y en el mismo momento, la hora local de los otros puntos marcados con sendos alfileres se diferenciará del mediodía en tantas horas como alfileres se cuenten a partir del punto donde hemos determinado que son las doce del mediodía. Los alfileres contados hacia el este señalarán horas más allá de las doce, y los contados hacia el oeste, darán horas inferiores a las doce.

El movimiento de la Tierra alrededor del Sol

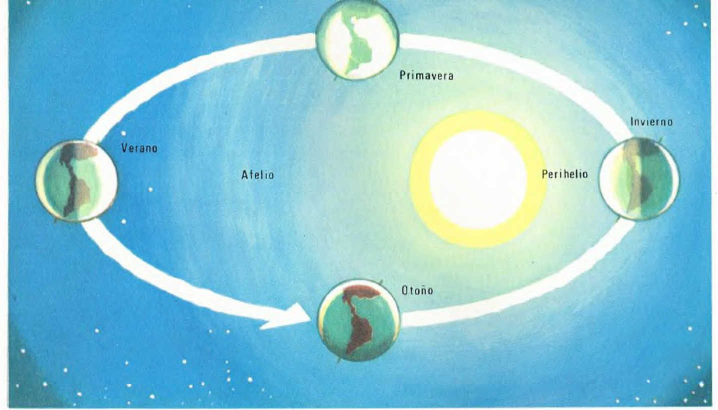
De manera semejante a otros planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón) el globo terrestre gira alrededor del Sol. Sólo dos planetas, Mercurio y Venus, se encuentran en este giro más cerca del Sol que nosotros.

El movimiento de la Tierra es comparable al movimiento de un trompo girando veloz sobre su eje y desplazándose, al mismo tiempo por el suelo. A semejanza de los movimientos del trompo, la Tierra tiene, también, dos movimientos: el de rotación alrededor de su eje imaginario, cada veinticuatro horas (cada vuelta completa es un día); y el de traslación alrededor del Sol, efectuado en 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos (cada vuelta completa es un año).

El Sol es inmenso: se calcula que su volumen es 1.300.000 veces mayor que el de la Tierra, y su masa 330.000 veces mayor. La Tierra gira a su alrededor a

Antiguo instrumento en forma de planisferio, el astrolabio, precursor de los modernos sextantes. Con él se podían observar las posiciones de los astros mediante visuales. A G. Arsenio (Lovaina 1572) pertenece este magnífico ejemplar que se conserva en el Museo de la Ciencia de Florencia.





Sistema de rotación de la tierra alrededor del sol.

una distancia aproximada de 150 millones de kilómetros, y a una velocidad media de 30 kilómetros por segundo, es decir, a 108 mil kilómetros por hora.

Nos podemos preguntar: ¿qué es lo que mantiene a la Tierra, en su movimiento de traslación, a una distancia determinada del Sol, y la fuerza a volver, al cabo del año, a ocupar la misma posición respecto a este astro?

El gran sabio inglés Newton demostró que la Tierra se mantiene en una determinada órbita por el equilibrio que se establece entre dos fuerzas opuestas: la permanente fuerza de atracción que el Sol ejerce sobre la Tierra; y la fuerza centrífuga producida por el propio movimiento de traslación. Sin el efecto de la fuerza de atracción del Sol sobre la Tierra la fuerza centrífuga lanzaría a nuestro planeta por el espacio, a gran velocidad y en línea recta. Pero esta fuerza que impele a la Tierra a separarse del Sol se ve frenada y equilibrada por la de atracción, pero no anulada, de manera que la Tierra se ve obligada a describir un giro alrededor del centro de atracción.

Imaginemos por un momento que el Sol dejase de ejercer, de repente, su poder de atracción sobre la Tierra. En este mismo instante nuestro planeta se escaparía de su órbita giratoria por la tangente, como la piedra sale de la honda, y proseguiría su trayectoria hasta caer bajo los efectos de otro centro de atracción. Es, pues, la acción equilibrada de estas dos fuerzas, la *centrípeta* (o de atracción) y la *centrífuga*, lo que determina la órbita o trayectoria de la Tierra alrededor del Sol.

Podemos experimentar el efecto de estas dos fuerzas de la manera siguiente: se ata una piedra al extremo de una cuerda y se toma con la mano el otro extremo. Se imprime un movimiento giratorio a la piedra con la cuerda por encima de la cabeza. Pronto se notará que cuanto más rápidamente se hace girar la piedra, más se apreciará en la mano el aumento de tensión de la cuerda. En este caso, la mano representa la fuerza de atracción del Sol, pues mantiene a la piedra, que tira de la cuerda para escaparse, en un movimiento circular constante. Basta que se suprima esta fuerza, soltando la cuerda, para que la piedra salga disparada por la tangente de su giro.

La atracción del Sol o fuerza centrípeta obliga a la Tierra a describir permanentemente una curva cerrada alrededor de aquel astro. En realidad, esta curva cerrada —órbita de la Tierra— no es un círculo. El gran sabio alemán Kepler descubrió que todos los planetas, incluyendo a la Tierra, giran alrededor del Sol trazando órbitas algo alargadas, justamente en forma de curvas cerradas llamadas elipses.

Es fácil dibujar un elipse: se fija con chinchetas una hoja de papel sobre la mesa. A una distancia de 5 centímetros de separación entre sí se clavan firmemente dos alfileres o clavos a los que se atan los dos extremos, respectivamente, de un hilo de 20 centímetros. Con un lápiz bien afilado se tensa el hilo y se empieza a trazar una línea, de izquierda a derecha (o al revés), manteniendo siempre el hilo bien tirante. La curva que resultará del movimiento del lápiz será una elipse exacta. Los puntos donde están clavados los alfileres se llaman *focos* de la elipse. Se comprende fácilmente que, cuanto más cercanos están los focos uno de otro, tanto más parecido tendrá la elipse con la circunferencia.

La distancia entre focos de la elíptica terrestre es de unos 5 millones de kilómetros. El Sol, según ya estableció Kepler, está situado en uno de estos focos. Pero la enorme distancia entre los dos focos resulta minimizada si la comparamos con la distancia de 150 millones de kilómetros que separa la Tierra del Sol. Por ello, la forma elíptica de la órbita terrestre se diferencia muy poco del círculo.

Cuando la Tierra está en su *perihelio* (del griego, *peri* = cerca, y *helio* = sol), es decir, cuando está más cerca del Sol, la distancia entre una y otro es de 147 millones de kilómetros, y la velocidad del movimiento terrestre es la máxima alcanzada en toda su órbita. Esto ocurre por los alrededores del 1.° de enero. Al medio año, en las proximidades del 1.° de julio, la Tierra se halla en el *afelio* (del griego *apo* = lejos), es decir, en su punto más lejano del Sol (152 millones de kilómetros) y en el momento de mínima velocidad.

En el hemisferio norte, el invierno coincide con el momento en que la Tierra está más cercana al Sol, y el verano, con el momento de máxima separación del Sol. ¿Por qué, entonces, es frío el invierno y caluroso el verano? Por causa de la inclinación del plano de la elíptica orbital de la Tierra, los rayos solares caen sobre la superficie con un ángulo de incidencia más cerrado en invierno que en verano; es decir: recibimos los rayos solares más oblicuamente en invierno que en verano. Siendo el poder calorífico de un rayo oblicuo menor que el de un rayo perpendicular, el calor que recibimos de los rayos solares oblicuos invernales es menor que el de los rayos menos oblicuos del sol de verano. Por otra parte, siendo más corto los días en invierno, es menor también el número de horas de insolación, y, por tanto, la superficie terrestre recibe menos calor solar en invierno que en verano. Se entiende que todo ello vale para la zona templada, comprendida entre el trópico y el círculo polar.

PLAN GENERAL DE LA OBRA

TOMO I - LA TIERRA. Biografía geográfica de nuestro planeta.

Estudio de la formación de nuestro planeta. Los grandes cambios operados en el mismo desde la aparición de la primera forma de vida hasta la actualidad. Cartografía legendaria y científica. Los fenómenos físicos. El suelo y la vegetación. El mundo animal. La huella del hombre.

TOMO II - LA GRAN AVENTURA DEL HOMBRE. Cómo la Humanidad conoció el mundo en que vive. Descubrimientos y exploraciones.

Desde la Prehistoria a la Edad Media. Navegantes y exploradores hispanicos. Los siglos XVII y XVIII: ruta de las Indias, exploraciones de América, Africa, Asia y Australia. Sigue la gran aventura: periplos oceánicos; el "descubrimiento" de Africa; la conquista del Oeste; la exploración polar; el mundo submarino; la conquista de las alturas.

TOMO III - EL MUNDO DE LAS PLANTAS. La vida y su evolución. Agricultura.

La aparición de la vida y la teoría evolucionista. Estructura celular de las plantas. Las plantas en la Naturaleza: todo el complejo y maravilloso mundo vegetal. Las plantas de cultivo: la agricultura y sus sistemas; principales cultivos y su importancia económica.

TOMO IV - EL MUNDO DE LOS ANIMALES. Todo lo relacionado con los animales salvajes y los domésticos.

Vida animal. En qué se diferencian los animales de las plantas. Desde los animales microscópicos a los más grandes mamíferos. Peculiaridades del mundo animal: peces eléctricos; luz viva; sonidos; colores; simbiosis; falso parecido; mimetismo; signos de distinción; los animales sociales; las migraciones; venenos; parásitos; conducta animal; doma y adiestramiento. Los animales en la economía nacional. Origen de los animales domésticos. Las crías de animales. La apicultura.

TOMO V - EL HOMBRE Y SU CUERPO. Tratado exhaustivo con las más modernas teorías.

El organismo humano. El sistema digestivo. La circulación de la sangre. El mundo de los microbios. El corazón. La respiración. La piel. Glándulas. El esqueleto. Los músculos. El sistema nervioso. Los órganos sensitivos. Fenómenos psíquicos. Injertos y trasplantes. Curas de urgencia.

TOMO VI - EL MUNDO Y SUS RECURSOS. El progreso y sus riquezas.

Recursos del mundo. El hombre, reformador del mundo. El origen del hombre: ¿cómo eran sus antepasados? Yacimientos y exploraciones. En el laboratorio de la Naturaleza. Los tesoros de las entrañas de la Tierra. Materiales al servicio del hombre. El progreso y sus riquezas: el empuje del siglo XX. Del cohete a la nave espacial. Las nuevas energías. La exploración submarina. Aplicaciones de la radiactividad en la industria. Inventos a través de los tiempos.

TOMO VII - LAS MATEMATICAS: Números y figuras en el vivir diario. Aplicaciones prácticas.

La pequeña historia de las matemáticas. Números: modos de contar y de escribir cifras. Los cálculos mentales. Máquinas de calcular. Figuras y cuerpos: la geometría en el mundo que nos rodea. Medición de longitudes, superficies y volúmenes. Reproducciones geométricas. De las diferentes geometrías. El cálculo de probabilidades. Algebra geométrica. Números y operaciones. La extraña aritmética. La noción de cantidad. Ecuaciones, coordenadas y funciones. Integrales y derivadas.

TOMO VIII - LA FISICA. Desde sus rudimentos a la era del átomo: aplicaciones prácticas en el mundo nuevo.

Los fundamentos de la mecánica. Sonidos y ultrasonidos. La flotación de los cuerpos y fenómenos curiosos. La física del vuelo y de los lanzamientos espaciales. Atomos y moléculas. Viaje al mundo de las temperaturas y de las presiones.

TOMO IX - ENERGIA NUCLEAR. FENOMENOS DEL ESPACIO. La nueva fuerza, almacén inextinguible. Electricidad.

Energía nuclear. Estructura del átomo de la energía atómica. La reacción nuclear en la naturaleza y en la técnica. Fenómenos del espacio. Los fenómenos electromagnéticos. La electricidad y el magnetismo. La luz y sus aplicaciones. Fundamentos físicos de la radio. Vibraciones electromagnéticas. La televisión. Semiconductores.

TOMO X - CIBERNETICA Y TECNICA. Máquinas al servicio del hombre.

La máquina, base de la técnica: de los instrumentos primitivos a las máquinas contemporáneas. Métodos modernos de trabajo. La automación. La energía de la técnica. Motores y turbinas. Corrientes, ondas y semiconductores. Elaboración de las materias primas.

TOMO XI - LA QUIMICA. El maravilloso mundo de los laboratorios.

La química y su importancia en la vida del hombre. Historia de la química. La ley periódica de Mendeleiev. Vocabulario químico. La química al servicio del hombre. La química compite con la naturaleza. El mundo de los laboratorios. Los microbios al servicio humano. Las vitaminas. Los antibióticos.

TOMO XII - ASTRONOMIA Y ASTRONAUTICA. A la conquista de los espacios siderales.

Introducción a la Astronomía. La Luna. El Sol. El sistema solar. Estrellas fugaces y meteoritos. Las estrellas, el Universo. Cómo se formaron la Tierra y otros planetas. La radioastronomía. Cómo trabajan los astrónomos. Los viajes interplanetarios. Los satélites artificiales. Los vuelos espaciales. El camino de las estrellas.